

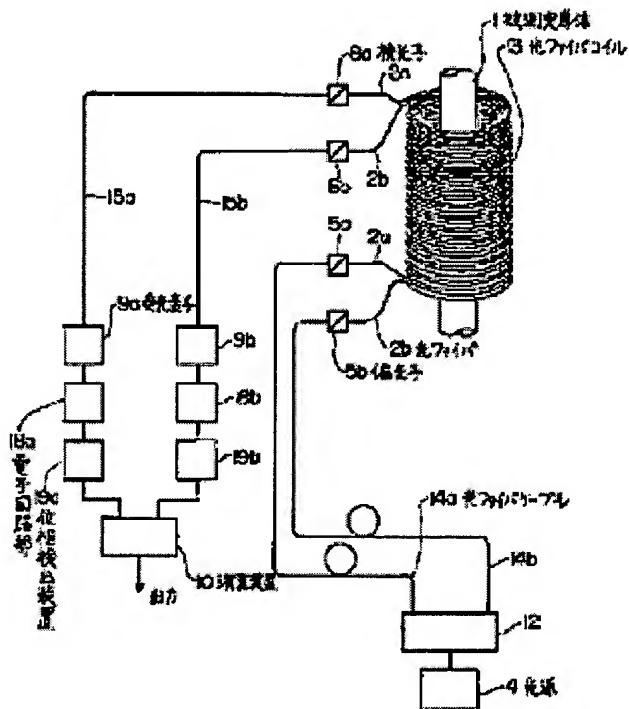
## DEVICE FOR MEASURING CURRENT

**Patent number:** JP5142265  
**Publication date:** 1993-06-08  
**Inventor:** MURASE HIROSHI; YOKOTA TAKASHI  
**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO  
**Classification:**  
- international: (IPC1-7): G01R15/07  
- european:  
**Application number:** JP19910310901 19911126  
**Priority number(s):** JP19910310901 19911126

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP5142265

**PURPOSE:** To measure a current very accurately, even under the circumstances where changes of an oscillation and temperature are large. **CONSTITUTION:** An optical fiber coil 13 formed by winding two optical fibers 2a, 2b many times round a conductor 1 to be measured is provided. One ends of the two optical fibers 2a, 2b are connected to optical fiber cables 14a, 14b through polarizers 5a, 5b. The other ends of the optical fibers 2a, 2b are connected to photodetectors 9a, 9b through analyzers 8a, 8b and optical fiber cables 15a, 15b respectively. The relation between spatial positions of respective planes of polarization of the polarizer 5a and analyzer 8a is provided so as to be intentionally different from the relation between spatial positions of planes of polarization of the polarizer 5b and analyzer 8b.



REST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-142265

(43)公開日 平成5年(1993)6月8日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
G 0 1 R 15/07

識別記号 庁内整理番号  
B 6723-2G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全6頁)

(21)出願番号

特願平3-310901

(22)出願日

平成3年(1991)11月26日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 村瀬 洋

神奈川県川崎市川崎区浮島町2番1号 株式会社東芝浜川崎工場内

(72)発明者 横田 岳志

東京都港区芝浦1丁目1番1号 株式会社東芝本社事務所内

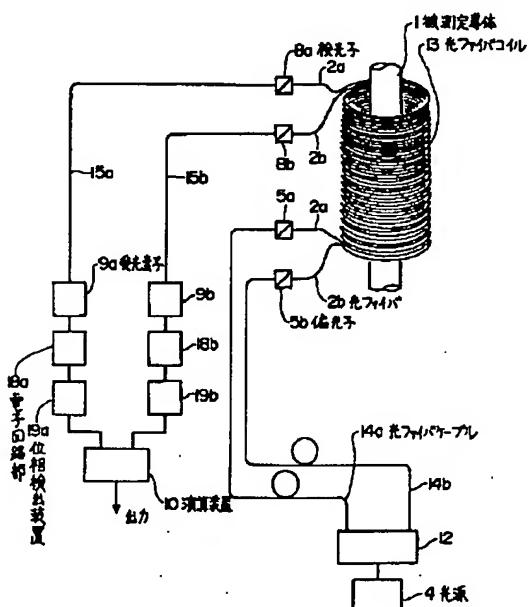
(74)代理人 弁理士 木内 光春

(54)【発明の名称】 電流測定装置

(57)【要約】

【目的】 振動や温度変化が大きい環境下においても、高精度で電流を測定できる電流測定装置を提供する。

【構成】 被測定導体1の周囲に、2本の光ファイバ2a, 2bを対にして多数回巻回して形成した光ファイバコイル13が設置されている。また、前記2本の光ファイバ2a, 2bの一端は、偏光子5a, 5bを介して光ファイバケーブル14a, 14bに接続されている。さらに、前記光ファイバ2a, 2bの他端は、それぞれ検光子8a, 8b、光ファイバケーブル15a, 15bを介して、受光素子9a, 9bに接続されている。なお、偏光子5aと検光子8aのそれぞれの偏光面の空間的位置関係は、偏光子5bと検光子8bのそれぞれの偏光面の空間的位置関係とは意図的に異なるように設置されている。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電流が流れる導体の周囲に、2本の光ファイバを対にして多数回巻回し、各光ファイバに直線偏光波を通過させ、前記偏光波の偏光面の回転の変化を検光部を通過させることにより検出し、2種類の検出結果を比較することにより電流の増減を判断することができるよう構成したことを特徴とする電流測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、高精度及び高信頼性を要求される電流測定に好適な、ファラデー効果を応用した電流測定装置に関するものである。

## 【0002】

【從来の技術】 従来、送配電機器等に用いられる大電流測定装置としては、主として巻線型計器用変流器が使われていた。しかし、この巻線型計器用変流器は、大型、高価、過渡電流波形の変歪などの欠点があった。そこで近年、これに代わり、ファラデー効果を有する物質を利用して光学的に電流を測定する方式が注目されている。この様な光学的電流測定器は、小型で過渡電流波形も忠実に再現できるという利点を有している。

【0003】 また、近年の光ファイバ製造技術の進歩はめざましく、光ファイバそのものをファラデー効果物質として利用する電流測定器も実現されようとしている。例えば、雑誌「OPTICS AND LASER TECHNOLOGY」の1980年2月号(p. 25～p. 29)には、「Optical fibers for current measurement applications」なる題名で、図4に示す様な電流測定手段が提案されている。

【0004】 すなわち、被測定導体1の周囲にシングルモードの光ファイバ2をコイル状に巻回して光ファイバコイル3を形成し、レーザー光源4からの光ビームを偏光子5、レンズ6を通して直線偏光波にし、上記光ファイバコイル3内に入射させる。この光は、被測定導体1に流れる電流が形成する磁界によりファラデー旋回を受ける。また、光ファイバコイル3の他端から出射した光は、レンズ7、検光子8により、偏光面が互いに直交する2つの光ビームI<sub>1</sub>とI<sub>2</sub>に分割され、受光素子9a及び9bに入射され、2つの電気信号に変換される。この2つの電気信号に基づいて、演算装置10により、(I<sub>1</sub> - I<sub>2</sub>) / (I<sub>1</sub> + I<sub>2</sub>)なる演算を実施し、この結果を出力する。

【0005】 この出力値は、ファラデー旋回角が小さい領域では、近似的にファラデー旋回角に比例するため、結局、ファラデー旋回を引き起こす磁界強度に比例し、被測定導体1に流れる電流値に比例することになり、これにより被測定導体1の電流値を測定できる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 この様な構成を有する

10

20

30

40

50

従来の電流測定装置の最大の問題点は、光ファイバコイル3内に発生する複屈折である。一般的に光ファイバコイル3のケーブルを構成するガラスの様なアモルファス固体は、光学的に等方性であり、偏光子5により形成された直線偏光波は、その偏光状態を保ったまま伝搬する。

【0007】 しかし、光ファイバコイル3に応力が加えられると、アモルファス固体も光学的に異方性となり、複屈折を示す。すなわち、偏光面の方向により屈折率が異なるため、偏光子5により形成された直線偏光波は、光ファイバコイル3内を伝搬中に偏光状態が変化し、梢円偏光化する。これが測定誤差の一因となる。

【0008】 また、前記光ファイバコイル3に加えられる応力としては、製造時に加えられる残留応力の他に、周囲の温度変化に伴う応力や、振動による応力が存在する。従って、従来の光ファイバを応用した電流測定装置では、振動や周囲の温度変化に弱く、振動や温度変化が大きい環境下では、精度の高い電流測定はできなかつた。

【0009】 本発明は、上記の様な従来技術の欠点を解消するために提案されたもので、その目的は、振動や温度変化が大きい環境下においても、高精度で電流を測定できる電流測定装置を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明の電流測定装置は、電流が流れる導体の周囲に、2本の光ファイバを対にして多数回巻回し、各光ファイバに直線偏光波を通過させ、前記偏光波の偏光面の回転の変化を検光部を通過させることにより検出し、2種類の検出結果を比較することにより電流の増減を判断することができるよう構成したことを特徴とするものである。

## 【0011】

【作用】 本発明の電流測定装置においては、被測定導体を流れるわずかな電流値の変化に応じて周期的に変化する受光量より、周期の数をカウントする。また周期的に変化する2種類の信号の位相に基づいて、どちらの信号の位相が進んでいるかを判別し、電流が増加方向へ変化しているのか減少方向に変化しているのかを知り、2個の光ファイバコイルから得た周期の数の新しいカウントは、電流値が増加したために発生したものか、減少したために発生したものかを判別することができる。

## 【0012】

【実施例】 以下、本発明の一実施例を図1乃至図3を参照して具体的に説明する。なお、図4に示した従来型と同一の部材には同一の符号を付して、説明は省略する。

【0013】 本実施例においては、図1に示した様に、被測定導体1の周囲に、2本の光ファイバ2a, 2bを対にして多数回巻回して形成した光ファイバコイル13が設置されている。また、前記2本の光ファイバ2a, 2bの一端は、偏光子5a, 5bを介して光信号伝送用

の光ファイバケーブル 14 a, 14 b に接続されている。一方、信号用の光源 4 からの光は、ビームスプリット装置 12 により、2 個の同一の光信号に分割され、それぞれ前記光ファイバケーブル 14 a, 14 b に入射されるように構成されている。

【0014】また、前記光ファイバ 2 a, 2 b の他端は、それぞれ検光子 8 a, 8 b を介して、光ファイバケーブル 15 a, 15 b に接続され、その他端は受光素子 9 a, 9 b に接続されている。この受光素子 9 a, 9 b の電気信号は、フィルタ、アンプ等を含む電子回路部 18 a, 18 b に送られ、さらに、位相検出装置 19 a, 19 b 及び演算装置 10 に送られるように構成されている。

【0015】なお、偏光子 5 a と検光子 8 a のそれぞれの偏光面の空間的位置関係は、偏光子 5 b と検光子 8 b のそれぞれの偏光面の空間的位置関係とは意図的に異なるように設置されている。

【0016】この様な構成を有する本実施例の電流測定装置は、以下に述べる様な原理に基づいて作用する。すなわち、被測定導体に流れる電流値の変化により、被測定導体の発熱量が変化し、周囲温度が変化する場合や、太陽光の照射の有無、外気温の変化などで周囲温度が変化する場合に、光ファイバが機械的応力を受けて複屈折現象が発生したり、遮断器の振動などによって光ファイバが機械的応力を受け複屈折現象が発生する場合でも、受光量の絶対値は変化するが周期の数及び位相は変化しない。

【0017】つまり、2 本の光ファイバコイルを通過する光は、大きなファラデー旋回を受け、被測定導体 1 を流れるわずかな電流値の変化に応じて、その受光量は周期的に変化する。この信号から周期の数をカウントする。このカウント数が電流値を表わす。

【0018】また周期的に変化する 2 種類の信号の位相に着目し、どちらの信号の位相が進んでいるかを判別し、電流が増加方向へ変化しているのか減少方向に変化しているのかを知れば、前記の 2 個の光ファイバコイルから得た周期の数の新しいカウントは、電流値が増加したために発生したものか、減少したために発生したものかを判別することができる。

【0019】従って、電流値が増加したと判定された時には、過去のカウント数の総和に新しいカウント (+1) を加え、電流値が減少したと判定された時には、過去のカウント数の総和に新しいカウント (-1) を加える。この様にして得られたカウント数の過去からの総和は、電流値に比例した値となり、電流を測定することが可能となる。

【0020】この様な原理に基づく本実施例の電流測定装置は以下の様に作用する。なお、図 2 はそれぞれの光ファイバ 2 a, 2 b に入射する光の偏光面を x 軸方向にとった場合の、光ファイバ 2 a, 2 b から出射される光

の偏光面と、検光子 8 a, 8 b の偏光面 20 a, 20 b の相対的位置関係を示す図である。

【0021】ここで、光ファイバ 2 a, 2 b は同一構造で同一場所に設置されているため、それぞれの光ファイバ 2 a, 2 b が受ける熱的、機械的応力分布は同一となり、しかも磁界分布も一致する。従って、両光ファイバ 2 a, 2 b を伝搬する直線偏光波は全く同様な複屈折等のじょう乱を受ける。このことから、図 2 に示されるそれぞれの光ファイバ 2 a, 2 b から出射する偏光の偏光面 21 は一致する。

【0022】そして、電流の増減により、前記偏光面 21 は空間的に回転するが、この回転は電流値に比例すると同時に、電流が増大する場合に右まわりに回転すれば、電流が減少する場合には必ず左まわりに回転する。ここで、検光子の偏光面 20 a, 20 b をずらしておけば、検光子を通過した光の強度信号の位相がずれるので、どちらの位相が進んでいるかを判別すれば、偏光面 21 が右まわりか左まわりかがわかり、電流が増大する方向に変化しているのか、減少する方向に変化しているのかがわかる。すなわち、電流が増大している場合には、偏光面 21 は先に検光子 8 a の偏光面 20 a に一致するため、この位相が進むことになり、電流が減少する場合には、偏光面 21 は先に検光子 8 b の偏光面 20 b に一致し、位相関係は逆転する。

【0023】一方、偏光面 21 が  $180^\circ$  回転した時の電流変化量  $\Delta I$  は常に一定であるので、偏光面 21 が検光子の偏光面 20 a, 20 b を  $20 a \rightarrow 20 b$  の順で通過すれば、前回の通過時に比較して電流が  $\Delta I$  だけ増加し、 $20 b \rightarrow 20 a$  の順で通過すれば、電流が  $\Delta I$  だけ減少したことになり、電流零時からの電流変化の総和を求めれば、電流値を求めることができる。

【0024】次に、図 3 (A) ~ (C) を参照して、電流値と本発明の一実施例の作用との関係を示す。すなわち、電力系統に流れる  $50\text{ Hz}$  もしくは  $60\text{ Hz}$  の電流は、一般に図 3 (A) に示した様なサインカーブ 22 となり、波高値部分を拡大すると図 3 (B) に示した様なカーブ 23 となる。

【0025】いま、図 2 に示される偏光面 21 が  $180^\circ$  回転するのにに対応する電流変化を  $\Delta I$  とすると、検光子 8 a, 8 b を通過した光を電気信号に変換し、直流分をカットするハイパスフィルタを通過させた電気信号は、図 3 (C) に示した様に、それぞれ 24 a, 24 b のようになる。いま、信号 24 a, 24 b の零点を検出する位相検出器 19 a, 19 b により位相を検出すれば、 $24 a \rightarrow 24 b$  の順で検出された場合には  $\Delta I / 2$  だけの電流増加となり、 $24 b \rightarrow 24 a$  の順で検出された場合には  $\Delta I / 2$  だけの電流減少となる。この  $\Delta I / 2$  なる値を電流零点から積算していくれば、カーブ 25 に示す様なデジタル的な電流波形を得る。

【0026】この様に、本実施例の電流測定装置による電

5

流測定法は、光強度によるものではないため、発光源の光強度の変化、光ファイバケーブル中でのロスの変化等、光強度の変化に影響を受けることがない。

【0027】また、被測定導体1に流れる電流値の変化により、導体の発熱量が変化し、周囲温度が変化する場合や、太陽光の照射の有無、外気温の変化などで周囲温度が変化する場合に、光ファイバが機械的応力を受けて複屈折現象が発生したり、遮断器の振動などによって光ファイバが機械的応力を受け、複屈折現象が発生する場合でも、電流変化 $\Delta I$ の値はこの様な複屈折の影響を受けず、常に一定である。また、図3(C)のカーブ24a, 24bの振幅は複屈折により影響を受け変化するが、位相は変化しない。本発明では、カーブ24a, 24bの振幅は測定しないので、複屈折の影響を受けない高精度な電流測定が行える。

【0028】ここで、光が光ファイバ伝搬中に光ファイバ壁面の反射によってその偏光面が変化することを除去するため、図1に示した光ファイバ2a, 2b及び光ファイバケーブル14a, 14bはシングルモード光ファイバとすることが好ましい。また、図2に示す偏光面20aと20bのずれ角度 $\theta$ は、演算装置10の位相判別能力の許す限り小さくとったほうが時間分解能が高くなり、高周波特性がよくなる。

【0029】また、2本の光ファイバ2a, 2bからの出射光の偏光面のじょう乱は常に一致し、熱的、機械的影響を受けても $\theta$ が変化することではなく、常に一定の特性を得ることができる。

【0030】さらに、本実施例では、一か所の電流を測定するために、同一構造の装置が2個必要となるが、すべてがいわばデジタル的な処理をしており、しかもそれぞれの系における光路が1本のみであり、構造がシンプルであるばかりでなく、それだけ信頼性も高くなる。

【0031】なお、図1の構成においては、光ファイバコイル2a, 2bに直線偏光波を入射させるために偏光子5a, 5bを用いたが、光源11にレーザ等の様な直

6

線偏光波を発光する装置を使用すれば、偏光子5a, 5bは不要で、しかも上記実施例と同様な効果が得られる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上述べた様に、本発明によれば、電流が流れる導体の周囲に、2本の光ファイバを対にして多回巻きし、各光ファイバに直線偏光波を通過させ、前記偏光波の偏光面の回転の変化を検光部を通過させることにより検出し、2種類の検出結果を比較することにより電流の増減を判断することができるよう構成することにより、振動や温度変化が大きい環境下においても、高精度で電流を測定できる電流測定装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電流測定装置の一実施例を示す概略図

【図2】図1に示した実施例の作用原理を示す図

【図3】(A) (B) (C) は図1に示した実施例の作用原理を示す図

【図4】従来の電流測定装置の構成を示す概略図

#### 【符号の説明】

1…被測定導体

2a, 2b…光ファイバ

3…光ファイバコイル

4…光源

5…偏光子

6, 7…レンズ

8…検光子

9a, 9b…受光素子

10…演算装置

12…光分割装置

13…光ファイバコイル

14a, 14b, 15a, 15b…光ファイバ

18a, 18b…電子回路部

19a, 19b…位相検出装置

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140

141

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

172

173

174

175

176

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204

205

206

207

208

209

210

211

212

213

214

215

216

217

218

219

220

221

222

223

224

225

226

227

228

229

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

254

255

256

257

258

259

260

261

262

263

264

265

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

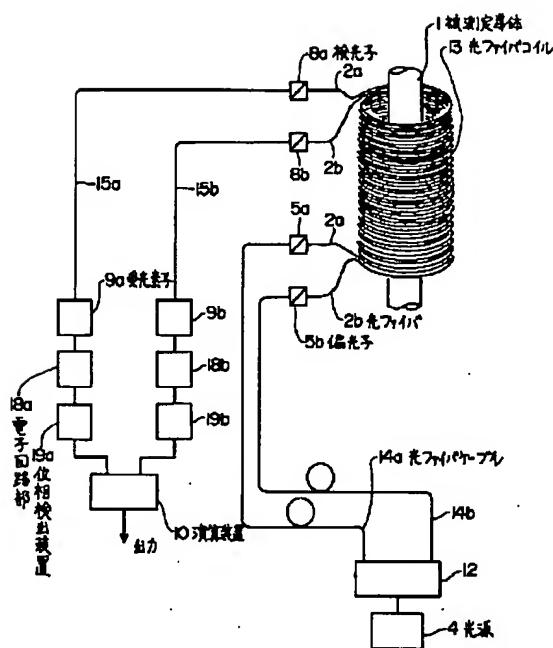
298

299

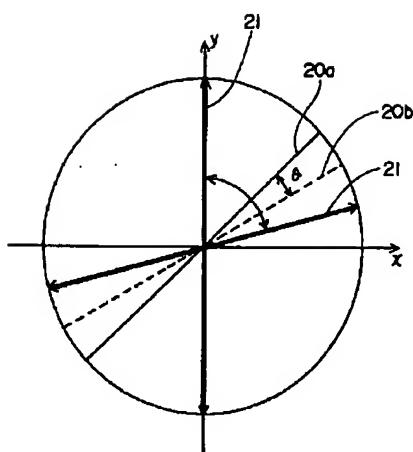
300

301

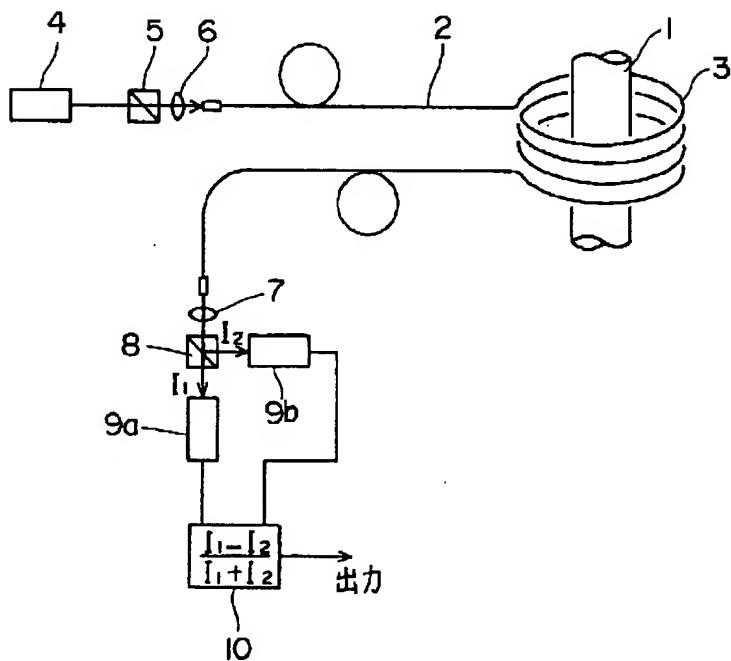
【図1】



【図2】



【図4】



【図3】

